

# 이동통신 단말기의 NVDB 에 관한 연구

이재경\*, 조연정\*\*, 도신희\*\*, 정태의\*\*

\*한국전자통신연구원

\*\*서경대학교 컴퓨터학과

e-mail : [tejeong@seokyeong.ac.kr](mailto:tejeong@seokyeong.ac.kr)

## The Study on NVDB of Mobile Telecommunication Terminals

Jae-Kyung Lee\*, Yeon-Jeong Jo\*\*, Shin-Hee Do\*\*, Tae-Eui Jeong\*\*

\*Electronics and Telecommunications Research Institute

\*\*Dept. of Computer Science, SeoKyeong University

### 요 약

CDMA 단말기의 DBMS 는 단말기를 운영하는데 필요한 시스템 및 가입자의 정보를 관리하기 위한 소프트웨어로서 서비스 제공에 있어서의 실시간성과 높은 신뢰성, 그리고 효과적인 Fault Tolerance 및 고장으로부터의 신속한 회복 기능을 제공하여야 한다. 이를 위해 이동통신용 단말기에서는 실시간 운영체제를 기반으로 하는 Non-Volatile 메모리인 EEPROM 에 저장하여 관리하는 방법을 채택하고 있다. CDMA 단말기에서 사용하는 MSM(Mobile Station Modem)과 단말기 소프트웨어는 운영체제 환경하에서 동작하는데 기능 중심으로 여러 개의 Task 들을 설계하고 이들이 필요한 기능들을 수행하도록 하고 있다. 본 논문에서는 CDMA 단말기 소프트웨어의 여러 Task 중에서 EEPROM 과 관련하여 데이터베이스 시스템 역할을 수행하는 NVDB Task(Non-Volatile Database Task)의 기능과 구조를 다룬다.

### 1. 서론

CDMA 단말기는 TIA (Telecommunication Industry Association)의 잠정 표준이었던 IS-95 를 근간으로 북미 CDG(CDMA Development Group) 진영의 미국 켈컴의 주도로 개발되었고, 우리나라의 경우 거의 모든 이동 전화에서 CDMA 기술을 사용하고 있다[1].

CDMA 단말기의 DBMS 는 단말기를 운영하는데 필요한 시스템 및 가입자의 정보를 관리하기 위한 소프트웨어로서 서비스 제공에 있어서의 실시간성과 높은 신뢰성, 그리고 효과적인 Fault Tolerance 및 고장으로부터의 신속한 회복 기능을 제공하여야 한다. 이를 위해 이동통신용 단말기에서는 실시간 운영체제를 기반으로 하는 Non-Volatile 메모리인 EEPROM 에 저장하여 관리하는 방법을 채택하고 있다.

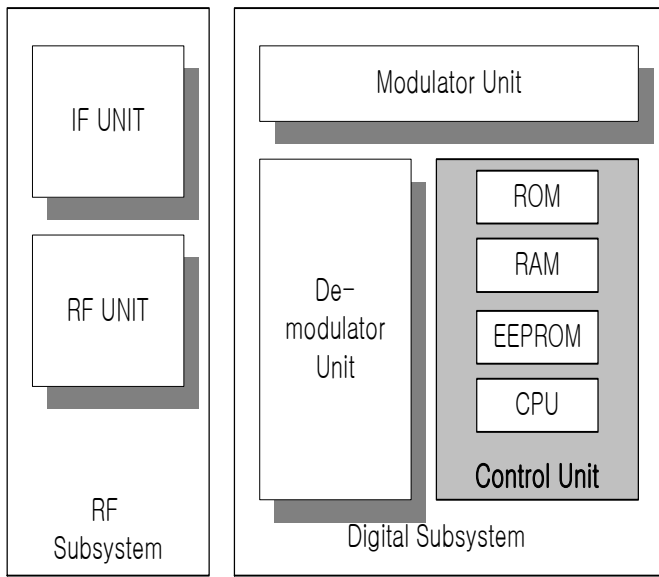
본 논문에서는 CDMA 단말기 소프트웨어의 여러 Task 중에서 EEPROM 과 관련하여 데이터베이스 시스템 역할을 수행하는 NVDB Task(Non-Volatile Database Task)의 기능과 구조를 다루고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 이동통신 단말기 기술로서 단말기의 구조, 소프트웨어의 구성 및 동작, 단말기에서 동작하는 DBMS 의 특성과 동작에 대해서 기술한다. 3 장에서는 단말기 소프트웨어에서 EEPROM 에 저장되는 Item 들을 관리하는 NVDB Task 에 대해 구조와 동작 및 세부 내용에 대해 기술한다. 4 장에서는 결론과 앞으로의 연구 과제를 제시한다.

### 2. 이동통신 단말기 기술

이동통신 단말기는 하드웨어와 소프트웨어로 나누어 구조를 살펴볼 수 있는데 우선 하드웨어적인 관점에서 RF SubSystem 과 Digital SubSystem 으로 나눌 수 있다. RF SubSystem 은 RF Signal 의 Up Conversion 과 Down Conversion 을 수행한다. Digital SubSystem 은 <그림 1>과 같이 CPU, Memory, Vocoder, CDMA Chip set 등으로 이루어져 있다. 또한 CPU 와 더불어 RAM 과 EEPROM 을 사용하여 ESN, MIN 등을 저장하고 관리

하는 역할을 수행한다.

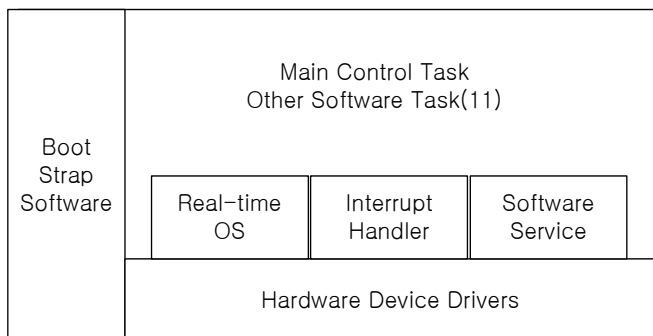


<그림 1> 이동통신 단말기의 Unit 구성

단말기의 소프트웨어는 <그림 2>과 같이 data structure, software service, interrupt handler 그리고 software task 의 구조로 이루어져 있는데 하드웨어 디바이스 드라이버의 경우 다른 Software Task 의 일부로 구현되어 동작하기도 한다. 운영체제는 멀티태스킹과 실시간 서비스가 가능해야 하며 타이머와 큐, 시그널 서비스등을 제공할 수 있어야 한다.

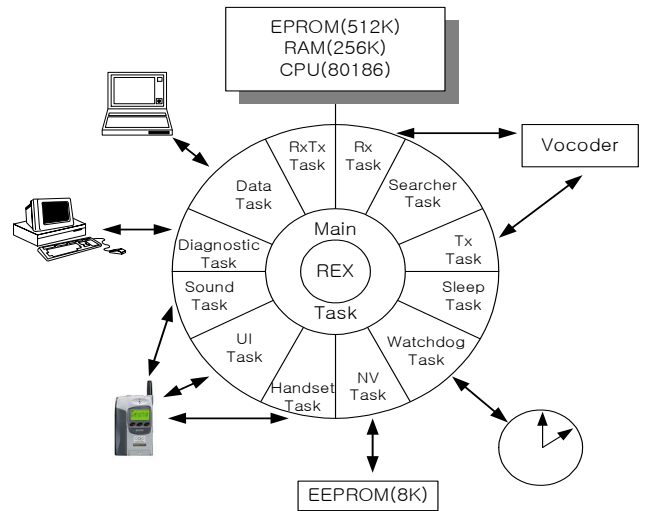
이동통신 단말기의 소프트웨어는 단말기의 운용을 위해 필요한 기본 동작을 수행하며 여기에 가입자의 부가 서비스와 통신 품질을 향상 시키기 위한 서비스를 제공한다. 이러한 서비스는 초기 버전에서는 기본적으로 필요한 등록 및 전압제어, 호처리와 관련된 기능, 그리고 핸드오프의 지원등에 머물렀으나 현재는 인증과 Hard Handoff, 다중모드 지원, 암호화등 다양한 기능을 제공하고 있다[3].

현재 사용되고 있는 단말기 소프트웨어는 켈컴에서 개발한 DMSS(Dual\_mode Mobile Station Software)로서 REX(Real-Time Executive) 운영체제를 기반으로 구현되었다. REX 역시 켈컴사에서 개발한 실시간 운영체제로서 비계층적인 구조를 가지며 디바이스 드라이버 인터페이스 기능은 지원하지 않는다. REX 는 라이브러리 구조로 구현되었으며 우선순위 기반의 멀티태스킹



<그림 2> CDMA 단말기의 소프트웨어와 하드웨어

기능과 재진입 기능을 제공한다. DMSS 는 기능 중심의 여러 Task 들로 구성되며 Main Control Task 에 의해 각 Task 가 생성되어 작업을 수행한다. 프로세스간 통신 설비로는 큐를 사용하며 메시지 도착 통지는 해당 Task 에 시그널을 보냄으로서 이루어진다[2]. 단말기 소프트웨어인 켈컴 DMSS 의 구조는 <그림 3>과 같다 [3].

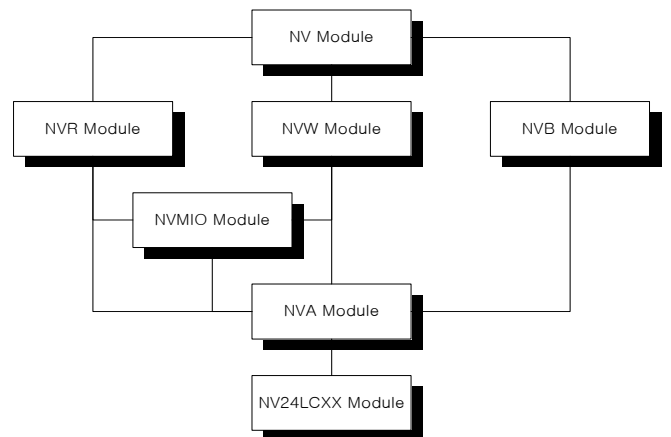


<그림 3> 켈컴 단말기 소프트웨어 DMSS 구조

3. NVDB Task (Non-Volatile Database Task)

NVDB Task 는 이동국의 DMSS Application Task 와 Non-Volatile Memory 사이에서의 Read/Write Operation 에 대한 인터페이스를 제공하기 위한 Task 로서 NVDB 의 무결성을 유지하며 NVDB 에 대한 접근 요청시 일종의 서버 Task 로 동작 함으로서 NVDB Service 를 제공한다.

NVDB Task 는 구조적 측면에서 Queue 와 NVDB Task 그리고 NVDB 로 나눌 수 있으며 NVDB Task 는 다시 고유의 기능들을 수행하는 소프트웨어 모듈들로 이루어져 있다<그림 4>.

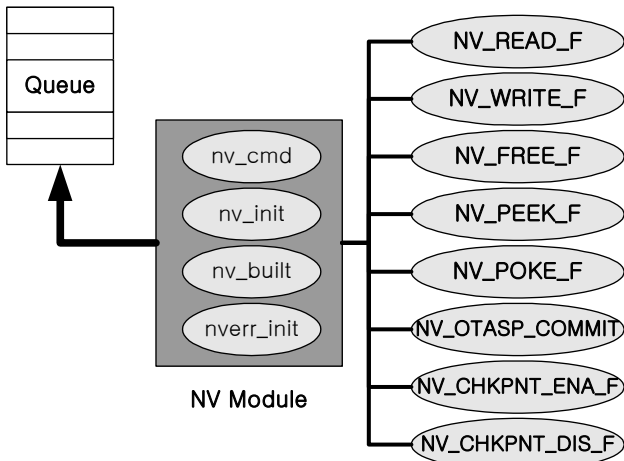


<그림 4> NVDB Task 의 모듈 구조

그림에서 보는 바와 같이 Queue 와 연결되어 다른 Task 와의 인터페이스 역할을 하는 NV Module 을 비롯

하여 EEPROM에 대한 직접 접근을 처리하는 NVD Module에 이르기까지 NVDB Task는 6개의 Module로 이루어져 있다. 이들 각각에 대한 자세한 기능은 다음과 같다.

NV Module은 NVDB에 접근하고자 하는 Application Task와 NV EEPROM사이에서 인터페이스 역할을 하는 부분이다. 큐로 들어온 Read, Write요청은 NV Module에 의해 최초로 해석되어진 후 적절한 Module로 전달된다.



<그림 5> NV Module의 처리 명령어

또한, NV Module은 NVDB Task에서 Main Control Task로서의 역할을 수행하는데 이를 위해 NVA Module 및 NVB Module을 호출하여 NVDB를 구성하며 기타 Error Queue 및 Flag 등을 초기화 한다. NV Module의 가장 중요한 기능인 Queue를 통한 Command 처리 구조는 <그림 5>과 같다.

NVB Module은 NVDB를 구성하는 기능을 수행한다. NVA Module은 EEPROM에 대한 Dynamic Data Space의 할당과 회수를 담당하는 부분으로서 NV Module과 더불어 NVDB Task의 핵심 모듈이라 볼 수 있다. NVDB Task에 있어 EEPROM의 Space 관리는 가장 중요한 Issue 중의 하나이다. 왜냐하면 Cell Lifetime을 가지는 EEPROM의 메모리를 가장 유효 적절한 방법으로 사용해야 하기 때문이다. NVA Module의 또 다른 중요한 기능은 NVR Module, NVW Module로부터의 Read/Write Operation을 EEPROM Device Driver로 전달하는 인터페이스 역할이다.

NVR Module은 NVDB Task의 Read Service를 제공하기 위한 부분이다. 그러나 실제 EEPROM에 대한 접근은 NVA Module을 통해 이루어지며 Item에 대한 데이터 형식의 변환기능을 수행한다.

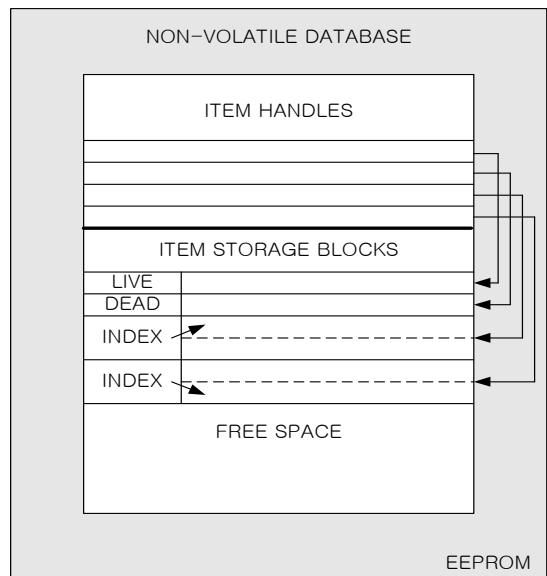
NVW Module은 NVDB Task의 Write Service를 제공하기 위한 부분이다. 실제 EEPROM에 대한 접근은 NVA Module을 통해 이루어지며 Operation의 Validation Check로서 주소 및 접근 방법에 대해 검사한다.

NVMIO Module은 NVDB의 대부분의 Item에 대한 Read/Write Operation을 처리하는 부분으로서 Operation의 종류와 접근하고자 하는 Item에 따른 적절한 접근

방법을 결정하고 이를 수행한다.

NVD Module은 EEPROM에 요청된 Read/Write Operation에 대해 Device Driver Level의 서비스를 제공하기 위한 부분으로서 시스템에서 사용하는 EEPROM에 따라 다르게 구현된다. 이 모듈에는 실제 EEPROM에 접근하기 위한 어셈블리 코드를 포함하고 있으며 EEPROM의 Latency Problem을 해결하기 위한 방법을 제공한다.

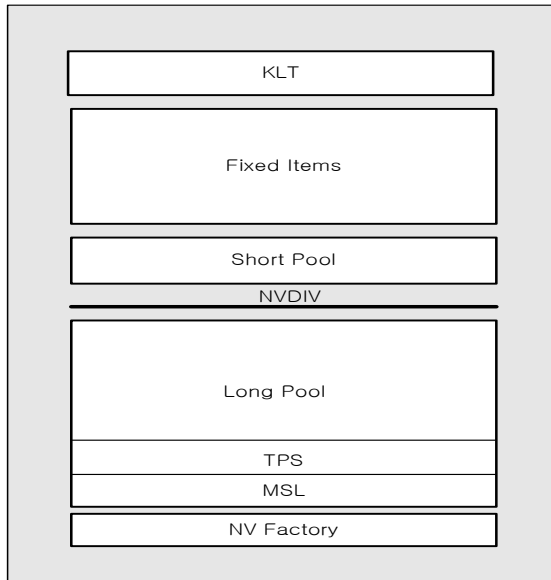
이동통신 단말기에서의 Non-Volatile Database는 EEPROM에 저장된다. 따라서 일반 Disk based database나 Memory resident database와는 다른 방법과 구조로 저장되는데 본 논문에서 다루는 NVDB Task는 <그림 6>과 같은 3가지의 주된 구성요소로 이루어져 있다.



<그림 6> NVDB의 개략적인 구조

Handle은 Item들의 Offset을 가지고 있다. 즉, 모든 Item의 Offset을 배열로 가지고 있는 것이 Handle이다. Item은 실제로 EEPROM에 저장되어 있는 Data 영역이다. 이러한 Item영역은 NVDB Task 초기에 미리 정해진 사이즈 만큼 할당이 되는데 배열의 연속적인 형태로 구성이 되어 있다. 마지막으로, Free Space는 Dynamic Pool을 나타낸다. 즉, 특정 Item의 경우 메모리 재배치가 발생할 때 Dynamic Pool에서 가용 메모리 영역을 할당 받아 사용한다. 물론 이때 새로 바뀐 메모리 위치에 대해서 Item Handle을 새로 수정해 주어야 한다<그림 7>.

NVDB에서 Item과 Item Handle을 따로따로 유지하는 이유는 이동통신 단말기의 기능과 EEPROM의 특성 때문이다. 이동통신 단말기의 경우 Database의 레코드의 종류와 Data type은 이미 정해져 있으며, 단말기 운용중에 레코드의 추가나 삭제는 발생하지 않는다. 따라서, 특정한 위치에 특정한 Item을 저장해둬서 쉽고 빠르게 Item을 접근할 수 있다. 그러므로 모든 Item은 정해진 순서에 의해 정해진 Size만큼 저장되어야만 한다. 이때 Item Handle이 필요한 것은 Item의 위치가 변경될 가능성이 있기 때문이다. 즉, EEPROM의 특성인 Cell Lifetime에 의해



<그림 7> NVDB 의 상세구조

Memory Failure 가 발생했을 때 회복의 결과 Item 이 다른 위치로 옮겨지게 되는데 이때 옮겨진 새로운 위치를 Item Handle 에 저장 함으로서 Database System 은 Key 가 없이도 모든 데이터에 대해 접근이 가능하다. 본 논문에서 다루는 NVDB Task 는 <그림 7>와 같은 NVDB 구조를 사용한다.

KLT 는 NVDB Task 가 EEPROM 을 접근할 때 Start Point 가 되는 데이터 구조이다. KLT 는 NVM 의 시작점에 위치하며 이를 통해 TPS, MSL 등을 접근할 수 있다. 또한 KLT 는 버전정보와 ESN 같이 NVDB 를 대표하는 정보 Data 를 포함하고 있다. KLT 는 NVA Module 을 통해 NVM 에 구성되어 진다.

TPS 는 NVM 에 저장되는 모든 Item 의 Offset 을 Table 로 가지고 있다. 따라서 NVM 에 접근하기 위해서는 먼저 TPS 의 item\_ptrs 에 저장되어 있는 특정 Item 의 Offset 을 알아야만 한다. TPS 에는 또한 MSL 의 Offset 도 포함된다.

NVDB 가 저장되는 EEPROM 은 특성상 Cell Lifetime 을 가지는데 이것은 각 Memory byte 에 최대로 Write/Erase 할 수 있는 횟수가 정해져 있다는 의미이다. 만일 Cell Lifetime 으로 인해 문제가 발생할 경우에는 해당 Memory byte 에 쓰여진 데이터는 새로운 영역으로 이동해야 하며 Failure 가 발생한 Memory byte 는 특정한 표시로서 이를 나타낼 수 있어야 한다. 이를 위해 사용하는 구조가 MSL 로서 일반적으로 1bit 를 사용하여 특정 블록의 free, used 또는 dead 상태를 표시한다.

MSL 구조에는 또한 비정상적인 Power down 으로부터의 회복을 위해 bad\_pwr\_dwn 이라는 구조체를 사용한다. 즉, Power down 이 발생했을 때 진행중이던 Memory 의 Allocation/De-allocation 여부와 이때의 Memory Offset 을 회복 Operation 시의 복구 정보로서 저장하는 것이다.

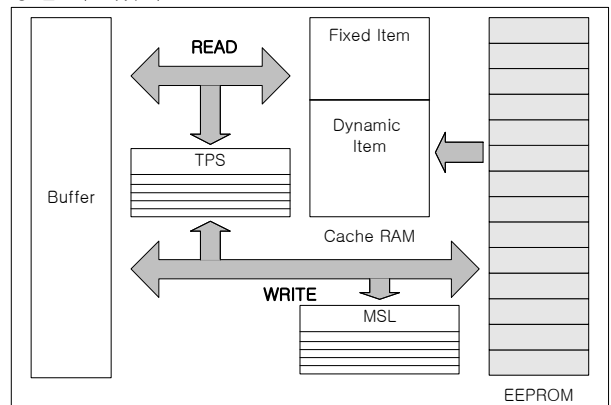
Fixed Item 은 단말기 운용중 그 값이 항상 일정하게 고정되어 있으므로 일반적인 상황에서는 Item 에

대한 Read Operation 이 추가 되는 Item 들을 통칭한다. 이러한 Item 으로는 단말기의 ESN, ESN Checksum, Version Number, 단말기의 Mode, MIN 등으로서 단말기의 가입자 변경이나 아날로그/디지털 모드 변경등의 특별한 경우를 제외하고는 Item 에 대한 Update 가 발생하지 않는다. EEPROM 에 저장되는 대부분의 데이터는 Fixed Item 에 속하는 것들이다.

Dynamic Item 은 단말기 운용중 항상 변경의 가능성이 있는 데이터들을 지칭하는 것으로 단문 메시지 및 음성 메시지와 관련된 item, TPS, MSL 등이 여기에 속한다. 여기서, TPS 나 MSL 은 NVDB 의 Item 은 아니지만 Dynamic Pool 에 저장되어 Item 과 같이 취급되므로 Dynamic Item 으로 분류하였다. 특히, TPS, MSL 은 NVDB 의 정보를 담고 있는 데이터로서 단말기의 운용과 더불어 항상 Update 가 발생하므로 세심한 주의가 필요하다. 이를 위해 NVDB Task 에서는 Dynamic Pool 에 저장함으로써 Re-Location 을 가능하게 하여 단말기의 안정성을 높이고자 하였다.

NVDB Task 의 NVDB 에 대한 접근 방법은 크게 Operation 과 접근하고자 하는 Item 에 따라 달라진다. 주요 Operation 에는 Read 와 Write 가 있으며 Item 에는 Critical Fixed Item 과 Non-Critical Fixed Item 그리고 Dynamic Item 이 있다. NVDB 접근에 있어 한 가지 중요한 것은 NVDB Task 가 Read Operation 시 직접 EEPROM 을 접근하는 것이 아니라 EEPROM 의 현재 상태를 반영하고 있는 EEPROM\_CACHE\_RAM 을 접근한다는 것이다. 따라서 EEPROM\_CACHE\_RAM 은 EEPROM 에 있는 가장 최신의 NVDB 를 반영할 수 있어야 한다.

<그림 8>과 같이 Read Operation 의 경우 TPS 로부터 Item 의 Offset 을 구한 후 EEPROM\_CACHE\_RAM 으로부터 데이터를 읽어내어 버퍼에 저장한다. 반면에 Write Operation 의 경우에는 직접 EEPROM 을 접근하여 데이터를 쓰고난 후 이를 다시 EEPROM\_CACHE\_RAM 에 기록한다. 그리고, EEPROM 으로부터 데이터를 다시 읽어내어 이를 버퍼에 있는 데이터와 비교하여 제대로 EEPROM 에 쓰여 졌는지를 확인한다. Write 하려는 Item 을 EEPROM 에 저장한 후 이를 다시 EEPROM\_CACHE\_RAM 에 쓰므로 EEPROM\_CACHE\_RAM 은 항상 EEPROM 의 상태를 반영할 수 있다.



<그림 8> NVDB Task 의 접근 구조

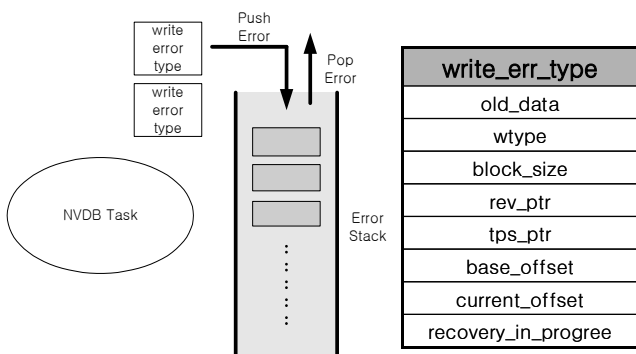
NVDB Task는 또한 Item의 종류에 따라 접근 방법이 틀리는데 Critical Item의 경우, Double Buffering 구조를 사용한다. 이는, 쓰고자 하는 데이터를 임시 버퍼에 저장하여 데이터를 검사한 후 TPS의 Item Handle을 수정하는 방식이다. 만일 EEPROM에 쓰는 중에 에러가 발생하더라도 기존 데이터는 보호할 수 있는 장점이 있다. 데이터 변경이 자주 발생하는 Dynamic Item은 Fixed Area가 아닌 Dynamic Memory Pool에 저장한다. Fixed Item이 NVDB 초기화 시에 메모리 할당까지 되는 반면 Dynamic Item은 포인터를 저장하기 위한 공간만 할당하고 실제 데이터 영역은 Write Operation 시에 할당한다. 따라서 Dynamic Item에 대한 접근은 일반적인 Fixed Item과는 달리 메모리 할당 및 회수와 관련된 작업을 추가로 해 주어야 한다.

NVDB Task의 회복은 크게 두가지 종류로 나눌 수 있다. Unexpected Power Failure로부터의 회복과 Write Failure로부터의 회복이 그것인데 켈컴에서는 전자를 후자보다 중시하고 있다. 이는 Write Error가 발생할 가능성을 상당히 낮게 보고 있다는 의미이다.

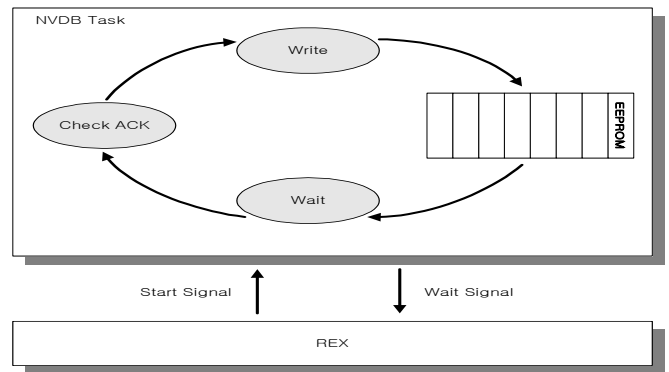
우선 Unexpected Power Failure란 단말기 동작중에 비정상적으로 전원 공급이 중단되는 것으로 특히 EEPROM의 Memory 할당과 회수 작업중에 이 같은 상황이 발생할 경우 MSL(Memory Status List)과 실제 메모리 사이의 consistency가 깨질 수 있기 때문에 이로부터의 회복은 매우 중요한 이슈이다. 이와는 달리 Write Operation 시 에러가 발생할 수 있는데 대부분 EEPROM의 Cell Lifetime Problem으로 인해 발생한다.

Write Failure로부터의 회복은 Error가 발생한 메모리 셀을 MSL에 dead로 표시하고 새로운 메모리 셀을 할당받아 이곳에 다시 Write를 해야 한다. 따라서, MSL에 대한 수정이 발생하며 Item의 핸들을 저장하고 있는 TPS역시 수정해 주어야 한다. <그림 9>는 Write Failure로부터의 회복 기법을 나타내고 있다.

Latency Problem이란 EEPROM의 하드웨어적인 특성에 기인하는 것으로 Write 시에 발생하는 지연시간을 의미한다. 제조회사에 따라 틀리지만 일반적으로 5~10msec의 시간을 Latency time으로 사용한다. NVDB Task에서 지연시간을 중요하게 다루는 이유는 시스템 입장에서는 아무것도 하지 않고 보내는 이 시간을 적절하게 사용할 필요성이 있다는 것에 기인한다. NVDB Task에서는 지연시간 동안 REX로 하여금 다른 Task를 수행하도록 함으로서 CPU 유휴시간을 줄이고 있다.



<그림 9> Write Failure로부터의 회복기법



<그림 10> Latency Problem 해결방법

이를 위해 NVDB Task는 Wait Timer와 Signal을 사용하는데 EEPROM에 대한 Write Operation 직후 Wait Timer를 설정하며, Timer가 Expire된 후 REX로부터 시작 Signal을 받아 나머지 작업을 계속한다. 이렇게 함으로서 NVDB Task에서 EEPROM의 Latency Time으로 인해 낭비되는 CPU 시간을 줄일 수 있다<그림 10>.

NVDB Task에서는 Item 특성에 따라 Fixed Item과 Dynamic Item을 나누어 Lifetime Problem을 해결하고 있다. 즉, Update 요구율이 매우 낮은 Fixed Item의 경우에는 계속 같은 메모리 셀에 쓰며, Dynamic Item의 경우 동일한 Item을 변경할 때에는 같은 장소에 쓰지 않고 다른 장소로 옮겨서 Write하는 Re-Location 방법을 사용함으로써 전체 EEPROM의 평균 사용률을 높이고 상대적으로 Cell Lifetime Problem 발생 가능성을 줄이고 있는 것이다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 이동통신 단말기 소프트웨어의 여러 Task들 중에서 EEPROM에 저장되는 아이템을 관리하는 NVDB Task의 구조 및 동작, 그리고 중요한 몇 가지 이슈들에 대해 살펴 보았다. 지금까지의 이동통신 단말기 소프트웨어의 NVDB Task는 시스템 데이터의 관리에 많은 비중을 두고 개발이 되었으나 앞으로는 IMT-2000과 PDA 즉, 개인 휴대 단말기로 발전하면서 사용자 데이터가 단말기 데이터베이스 시스템의 중요한 이슈로 대두될 것이다.

#### 참고문헌

- [1] Youngnam Han, Hang Gu Bahk, and Seungtaik Yang, "CDMA Mobile System Overview : Introduction, Background, and System Concept", ETRI Journal Vol. 19, No. 3, October 1997
- [2] Kyong Seok Lee, Jun Sik Kim, Jae Kyung Lee, "Design of the Nucleus Device Drivers for the CDMA Mobile Station," '99 Conf. of COMSW Proceeding, July 1999
- [3] Sunyoung Kim, Yoon Uh, Hye-yeong Kweon, and Hyuckjae Lee, "Development of Mobile Station in the CDMA Mobile System," ETRI Journal, Vol. 19, No. 3, October 1997